

**SULIT**



Second Semester Examination  
2017/2018 Academic Session

May/June 2018

**EBP 207/2 – Transport Phenomena in Polymers**  
***[Fenomena Pengangkutan Dalam Polimer]***

Duration : 2 hours  
*[Masa : 2 jam]*

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This paper consists of SIX questions.

*[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.]*

**Instruction:** Answer **FOUR** questions. Answer **ALL** questions from PART A, **ONE** questions from PART B and **ONE** questions from PART C. If a candidate answers more than four questions only the first four questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab **EMPAT** soalan. Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A, **SATU** soalan dari BAHAGIAN B dan **SATU** soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

In the event of any discrepancies in the examination questions, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]*

...2/-

**SULIT**

**PART A / BAHAGIAN A**

1. (a). What is total energy? Identify the different forms of energy that constitute the total energy.

*Apakah jumlah tenaga? Kenal pasti kepelbagaian bentuk tenaga yang membentuk jumlah tenaga.*

(20 marks/markah)

- (b). The viscosity of a latex is to be measured by a viscometer constructed of 30 cm long concentric cylinder. The outer diameter of the inner cylinder 12 cm, and the gap between the two cylinders is 1.5 mm. The inner cylinder is rotated at 200 rpm, and the torque is measured to be 1.8 N.m. Determine the viscosity of the latex.

*Kelikatan lateks yang hendak diukur oleh viskometer yang dibina daripada silinder sepusat panjang 30 cm. Diameter luar silinder dalaman ialah 12 cm, dan jurang antara dua silinder ialah 1.5 mm. Silinder dalaman diputar pada 200 rpm, dan tork diukur menjadi 1.8 N.m. Tentukan kelikatan lateks tersebut?*

(30 marks/markah)

- (c). A 1.5 kg rubber block which has been produced through the compression molding process at 50°C is dropped into an insulated tank that contains of 0.5 m<sup>3</sup> of water at 25°C. Determine the temperature when thermal equilibrium is reached using two (2) assumptions that need to be considered and give a brief comment. Given  $c_{rubber} = 2.01 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$  and  $c_{water} = 4.18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$ .

*Blok getah 1.5 kg yang telah dihasilkan melalui proses pengacuan mampatan pada suhu 50°C dijatuhkan ke dalam tangki bertebat yang mengandungi 0.5 m<sup>3</sup> air pada suhu 25°C. Tentukan suhu apabila keseimbangan terma telah dicapai dengan dua (2) andaian yang perlu dipertimbangkan dan berikan sedikit ulasan. Diberi  $c_{getah} = 2.01 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$  dan  $c_{air} = 4.18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$ .*

(50 marks/markah)

2. (a). What is the difference between diffusion and osmosis? Explain your answer in term of the process involve.

*Apakah perbezaan antara resapan dan osmosis? Terangkan jawapan anda dari segi proses yang terlibat.*

(20 marks/markah)

- (b). Several factors that affect the rate of diffusion include temperature, density of the diffusing substance, and surface area. Discuss these factors.

*Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar resapan termasuk suhu, ketumpatan bahan resapan dan luas permukaan. Bincangkan faktor-faktor ini.*

(30 marks/markah)

- (c). Diffusion properties of polymers are often characterized in terms of a permeability coefficient (denoted by  $P_M$ ). For the case of steady state diffusion through a polymer membrane, Fick's Law is usually modified to express the diffusion flux,  $J$ . Show how Fick's Law was modified by showing the relationship between concentration and solubility.

*Ciri-ciri resapan dalam polimer sering dicirikan dari segi pekali kebolehtelapan (ditandakan sebagai  $P_M$ ). Bagi kes resapan keadaan mantap melalui selaput polimer, hukum Fick's selalunya diubahsuai untuk menyatakan fluks resapan,  $J$ . Tunjukkan bagaimana hukum Fick's diubahsuai dengan menunjukkan hubungan antara kepekatan dan kebolehlarutan?*

(50 marks/markah)

...5/-

**PART B / BAHAGIAN B**

3. (a). State three (3) fundamental physical laws for fluid with the exception, and their equations respectively.

*Nyatakan tiga (3) hukum asas fizik bagi bendalir dengan pengecualiannya dan juga persamaan masing-masing.*

(15 marks/markah)

- (b). Figure 1 depicts schematic representation of a flat-film extrusion setup. Using the diagram, identify modes of heat transfer activities that occurred in this kind of shaping procedure.

*Rajah 1 menggambarkan skematik persediaan pengekstrudan filem rata. Dengan merujuk rajah tersebut, kenalpastikan mod aktiviti pemindahan haba yang berlaku dalam prosedur pembentukan jenis ini.*

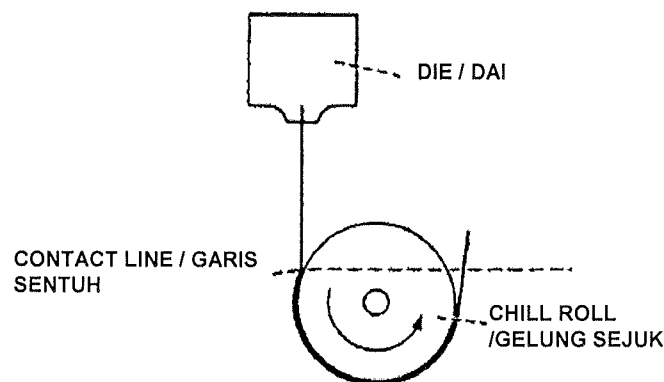


Figure 1: Example of a chill roll system for flat film extrusion setup

*Rajah 1: Contoh sistem golekkan sejuk untuk persediaan pengekstrudan filem rata*

(25 marks/markah)

- (c). A 0.5 m high and 0.7 m diameter cylindrical latex tank was initially filled with latex. However, a latex was stream out due to small leakage of diameter 1.3 cm near the bottom of the tank (Figure 2). The average velocity of the jet is approximated as  $v = \sqrt{2gh}$  where  $h$  is the height of latex in the tank measured from the center of the hole and  $g$  is the gravitational acceleration. Determine how long it takes for the water level in the tank to decreased 0.2 m from the bottom.

Tangki lateks bersilinder mempunyai ketinggian 0.5 m dan berdiameter 0.7 m yang telah diisi sepenuhnya dengan cecair lateks. Walau bagaimanapun, lateks telah terkeluar kerana kebocoran kecil dengan diameter 1.3 cm berhampiran bahagian bawah tangki (Rajah 2). Halaju purata jet dianggarkan sebagai  $v = \sqrt{2gh}$  di mana  $h$  ialah ketinggian lateks dalam tangki diukur dari pusat lubang dan  $g$  ialah pecutan graviti. Tentukan berapa lama masa yang diperlukan untuk paras air dalam tangki turun ke 0.2 m dari bahagian bawah.

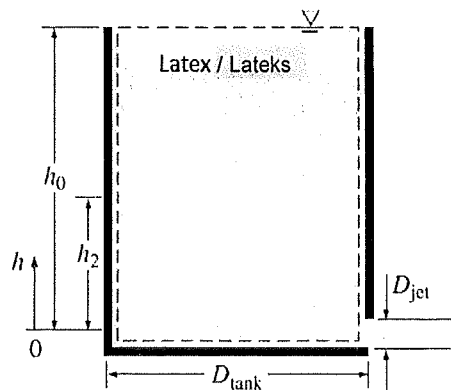


Figure 2: Cylindrical tank

Rajah 2: Tangki silinder

(60 marks/markah)

...7/-

4. (a). What are the mechanisms of heat transfer? How are they distinguished from each other?

*Apakah mekanisme pemindahan haba? Bagaimanakah mereka dibezakan antara satu sama lain?*

(20 marks/markah)

- (b). Define Brinkman number and what are the values dedicated during processing?

*Takrifkan nombor Brinkman dan apakah nilai-nilai yang dimaksudkan semasa pemprosesan.*

(20 marks/markah)

- (c). During production process of filament from die extrusion, a plastic filament ( $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p = 2300 \text{ J/kg.K}$  and  $k = 0.63 \text{ W/m.K}$ ) has been extruded with uniform temperature of  $200^\circ\text{C}$  and then into a water bath (Fig. 3). The water bath has a uniform temperature of  $30^\circ\text{C}$  and convection heat transfer coefficient of  $70 \text{ W/m}^2\text{K}$ . If the plastic filament has a diameter of  $1.75 \text{ mm}$  and a length of  $1 \text{ m}$ , determine the time required to cool a plastic filament from  $200^\circ\text{C}$  to  $50^\circ\text{C}$  in the water bath.

*Semasa proses pengeluaran filamen dari pengestrudan dai, satu filament plastik ( $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p = 2300 \text{ J/kg.K}$  dan  $k = 0.63 \text{ W/m.K}$ ) telah diekstrudkan pada suhu seragam  $200^\circ\text{C}$  dan kemudian ke dalam takungan air (Rajah 3). Takungan air mempunyai suhu yang seragam iaitu  $30^\circ\text{C}$  dan pekali pemindahan haba perolakan  $70 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Jika filamen plastik mempunyai diameter  $1.75 \text{ mm}$  dan panjang  $1 \text{ m}$ , tentukan masa yang diperlukan untuk menyejukkan filamen plastik daripada  $200^\circ\text{C}$  ke  $50^\circ\text{C}$  dalam takungan air tersebut.*

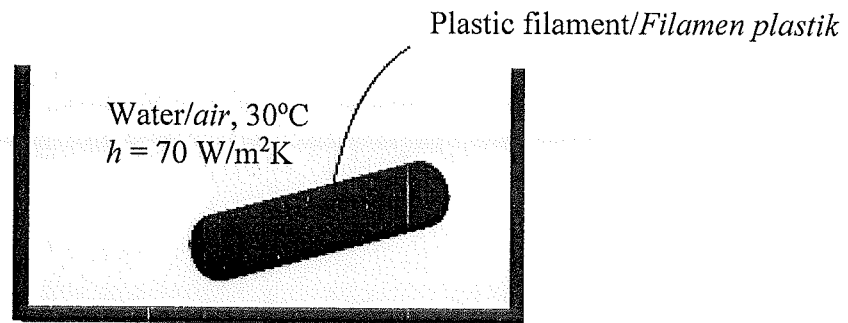


Fig. 3 Water bath with plastic filament

*Rajah 3 Takungan air dengan filamen plastik*

(60 marks/*markah*)



PART C / BAHAGIAN C

5. (a) Polyethylene film with 0.15mm thick is being considered for use in packaging a pharmaceutical product at 30°C. If the partial pressure of O<sub>2</sub> outside the package is 0.21 atm and inside is 0.01 atm, calculate the diffusion flux of O<sub>2</sub> at steady state. Assume that the resistance to diffusion outside and inside the film are negligible compared to the resistance of the film. Permeability of O<sub>2</sub> in polyethylene at 303K is  $4.17 \times 10^{-12} \text{ m}^3 \text{ solute (STP) / (s.m}^2\text{.atm.m)}$ . Given  $P_M = 4.17 \times 10^{-12}$ .

*Filem polietilena dengan ketebalan 0.15mm sedang dipertimbangkan untuk kegunaan dalam pembungkusan produk farmaseutikal pada suhu 30 °C. Jika tekanan separa O<sub>2</sub> di luar bungkusan tersebut ialah 0.21atm dan di sebelah dalam ialah 0.01atm, kira resapan fluks O<sub>2</sub> pada keadaan mantap. Anggap rintangan resapan di luar dan dalam filem tersebut boleh diabaikan berbanding dengan rintangan filem tersebut. Kebolehtelapan O<sub>2</sub> dalam polietilena pada suhu 303K ialah  $4.17 \times 10^{-12} \text{ m}^3 \text{ solute (STP)/(s.m}^2\text{.atm.m)}$ . Diberi  $P_M = 4.17 \times 10^{-12}$ .*

(40 marks/markah)

...10/-

SULIT

- (b). An ethanol -water solution in the form of a stagnant film with 2.0 mm thick at 293K is in contact at one surface with an organic solvent in which ethanol is soluble and water is insoluble. Hence,  $N_{\text{water}} = 0$ . At point 1, the concentration of ethanol is 16.8 wt% and the solution density is  $\rho_{\text{ethanol}} = 972.8 \text{ kg/m}^3$ . At point 2, the concentration of ethanol is 6.8 wt% and  $\rho_{\text{ethanol}} = 988.1 \text{ kg/m}^3$ . The diffusivity of ethanol is  $0.740 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ . Calculate the steady state flux  $N_{\text{ethanol}}$ . Given the molecular weights ethanol and water are  $M_{\text{ethanol}} = 46.05$  and  $M_{\text{water}} = 18.02 \text{ g/mol}$ .

*Campuran ethanol -air dalam bentuk filem bertakung dengan ketebalan 2.0mm pada suhu 293K adalah berhubungan dengan satu permukaan pelarut organik di mana etanol adalah larut dan air tidak larut. Maka,  $N_{\text{air}} = 0$ . Pada titik 1, kepekatan larutan etanol ialah 16.8 wt% dan ketumpatannya ialah  $\rho_{\text{etanol}} = 972.8 \text{ kg/m}^3$ . Pada titik 2, kepekatan larutan etanol ialah 6.8 wt% dan ketumpatannya  $\rho_{\text{etanol}} = 988.1 \text{ kg/m}^3$ . Resapan etanol ialah  $0.740 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ . Kirakan flux keadaan mantap  $N_{\text{etanol}}$ . Diberi berat molekul etanol dan air adalah  $M_{\text{etanol}} = 46.05$  dan  $M_{\text{air}} = 18.02 \text{ g/mol}$ .*

(60 marks/markah)

6. (a). Methylene chloride is a common ingredient for paint removers. Besides being irritant, it also may be absorbed through skin. Therefore, protective gloves should be worn at all time. If butyl rubber gloves (0.04 cm thick) are used, what is the diffusive flux of methylene chloride through the glove? Given  $D_{\text{butyl rubber}} = 110 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ . Surface concentration of  $C_2$  is 1/10 of  $C_1$  where  $C_1 = 0.44 \text{ g/cm}^3$ .

*Metilena klorida ialah bahan biasa untuk menghilangkan cat. Selain daripada merengsa, ia juga dapat meresap melalui kulit. Maka, sarung tangan perlindungan haruslah dipakai setiap masa. Jika sarung tangan getah butil (ketebalan 0.04) digunakan, apakah fluk resapan metilena klorida melalui sarung tangan tersebut? Diberi  $D_{\text{getah butyl}} = 110 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ . Kepekatan permukaan bagi  $C_2$  adalah 1/10 daripada  $C_1$  dimana  $C_1 = 0.44 \text{ g/cm}^3$ .*

(40 marks/markah)

...11/-

- (b). Water in the bottom of a narrow polymer tube is held at a constant temperature of 293K. The total pressure of air (assumed dry) is  $1.01325 \times 10^5$  Pa (1.0 atm) and the temperature is 293K (20 °C). Water evaporates and diffuses through the air in the tube, and the diffusion path  $z_2 - z_1$  is 0.1524m (0.5ft long). Calculate the rate of evaporation at steady state in lbmol/h.ft<sup>2</sup> and kg mol/s.m<sup>2</sup>. The diffusivity of water vapor at 293K and 1 atm pressure is  $0.25 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Assume that the system is isothermal.

*Air di bahagian bawah tiub polimer yang sempit ditetapkan pada suhu malar 293K. Jumlah tekanan udara (dianggap kering) ialah  $1.01325 \times 10^5$  Pa (1.0 atm) dan suhu ialah 293K (20 °C). Air menyejat dan meresap melalui udara di dalam tiub, dan arah resapan  $z_2 - z_1$  ialah 0.1524m (0.5 kaki panjang). Kira kadar penyejatan pada keadaan mantap dalam lbmol/h.ft<sup>2</sup> dan kg mol/s.m<sup>2</sup>. Resapan wap air pada 293K dan tekanan 1 atm ialah  $0.25 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Anggap sistem tersebut ialah isoterma.*

Given / Diberi:

$$1\text{m}^2/\text{s} = 3.875 \times 10^4 \text{ ft}^2/\text{h}$$

Vapor pressure of water at / Tekanan Wap Air pada

$$20\text{ °C} = 17.54\text{mm H}_g$$

$$1\text{ atm} = 760\text{ mm H}_g \text{ at } 0\text{ °C} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.01325 \times 10^2 \text{ kPa}$$

$$R = 0.730 \text{ ft}^3.\text{atm}/\text{lbmol. °R}$$

$$293\text{K} = 528\text{ °R}$$

(60 marks/markah)

-oooOooo-